

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-271223

(43) 公開日 平成8年(1996)10月18日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B	11/00		G 0 1 B 11/00	H
G 0 6 T	7/00		G 0 6 F 15/62	4 0 0
	7/60	9061-5H	15/70	3 5 0 L

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平7-283847
(22) 出願日 平成7年(1995)10月31日
(31) 優先権主張番号 特願平7-16621
(32) 優先日 平7(1995)2月3日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

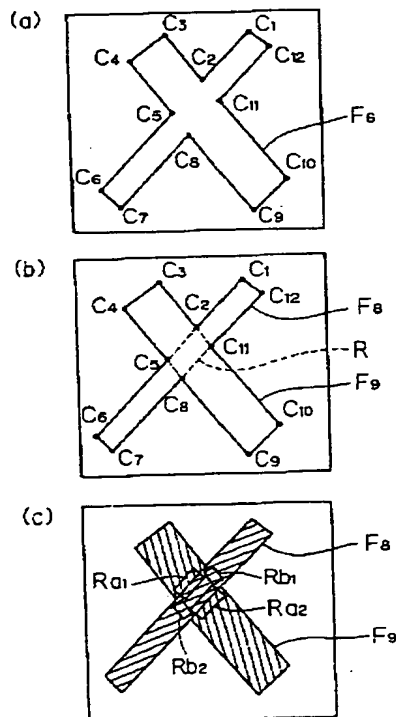
(71) 出願人 000001199
株式会社神戸製鋼所
兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号
(72) 発明者 岡本 陽
兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
(72) 発明者 西川 晃平
兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
(72) 発明者 佐野 香
兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
(74) 代理人 弁理士 本庄 武男

(54) 【発明の名称】 物体の位置認識装置

(57) 【要約】

【課題】 複数の検出対象物が重なっている場合であっても、認識対象物体の位置を、速やかに、且つ、正確に認識することが可能な物体の位置認識装置を提供する。

【解決手段】 撮像部の撮像出力に基づいて生成した画像情報に対して、輪郭線抽出処理を施し、予め記憶してあるモデル部品の情報を用いて、認識対象部品の配置情報を求める。認識対象部品が重なっている場合には、重なり領域Rに対してエッジ検出処理を施し、複数の認識対象部品の上下関係を判定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 検出対象物が配置された所定の領域を撮像する撮像部と、上記撮像部の出力に基づいて上記所定の領域に含まれる画像情報を生成する画像情報生成部と、上記画像情報生成部により生成された画像情報に含まれる上記検出対象物の輪郭線の情報を抽出する輪郭線抽出部と、特定の認識対象物体の輪郭線の情報を予め記憶するモデル情報記憶部と、上記モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と上記輪郭線抽出部により抽出された上記検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、該照合結果に基づいて上記検出対象物と上記特定の認識対象物体との同一性を判定する輪郭線照合部と、上記輪郭線照合部からの出力に基づいて上記所定の領域内で複数の検出対象物が重なっているか否かを判断する重なり状態判断部と、上記重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、上記画像情報生成部が生成した画像情報における画像の濃度分布に基づいて、上記複数の検出対象物の上記撮像部の光軸方向の位置関係を判定する上下位置判定部と、を具備してなることを特徴とする物体の位置認識装置。

【請求項2】 検出対象物が配置された所定の領域を撮像する撮像部と、上記撮像部の出力に基づいて上記所定の領域に含まれる画像情報を生成する画像情報生成部と、上記画像情報生成部により生成された画像情報に含まれる上記検出対象物の輪郭線の情報を抽出する輪郭線抽出部と、特定の認識対象物体の輪郭線の情報を予め記憶するモデル情報記憶部と、上記モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と上記輪郭線抽出部により抽出された上記検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、該照合結果に基づいて上記検出対象物と上記特定の認識対象物体との同一性を判定する輪郭線照合部と、上記輪郭線照合部からの出力に基づいて上記所定の領域内で複数の検出対象物が重なっているか否かを判断する重なり状態判断部と、上記所定の領域に対して予め定められた規則に従ったドットパターン光を照射する照射部と、上記所定の領域に検出対象物が配置されていない状態で上記照射部からドットパターン光を照射した場合の各ドットに対応する輝点の画像を予め記憶する基準ドット画像記憶部と、上記所定の領域に検出対象物が配置された状態での輝点の画像と上記基準ドット画像記憶部に記憶された輝点の画像とに基づいて、上記各ドットに対応する輝点の3次元座標を算出する輝点位置算出手段と、上記重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、上記輝点位置算出部により算出された輝点の3次元座標の差異に基づいて、上記複数の検出対象物の位置関係を判定する上下位置判定部と、を具備してなることを特徴とする物体の位置認識装置。

【請求項3】 検出対象物が配置された所定の領域を撮

2

像する撮像部と、上記撮像部の出力に基づいて上記所定の領域に含まれる画像情報を生成する画像情報生成部と、上記画像情報生成部により生成された画像情報に含まれる上記検出対象物の輪郭線の情報を抽出する輪郭線抽出部と、特定の認識対象物体の輪郭線の情報を予め記憶するモデル情報記憶部と、上記モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と上記輪郭線抽出部により抽出された上記検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、該照合結果に基づいて上記検出対象物と上記特定の認識対象物体との同一性を判定する輪郭線照合部と、上記輪郭線照合部からの出力に基づいて上記所定の領域内で複数の検出対象物が重なっているか否かを判断する重なり状態判断部と、上記所定の領域に対して予め定められた規則に従ったドットパターン光を照射する照射部と、上記所定の領域に検出対象物が配置されていない状態で上記照射部からドットパターン光を照射した場合の各ドットに対応する輝点の画像を予め記憶する基準ドット画像記憶部と、上記所定の領域に検出対象物が配置された状態での輝点の画像と上記基準ドット画像記憶部に記憶された輝点の画像とに基づいて、上記各ドットに対応する輝点の3次元座標を算出する輝点位置算出手段と、上記重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、上記画像情報生成部が生成した画像情報における画像の濃度分布と、上記輝点位置算出部により算出された輝点の3次元座標の差異とに基づいて、上記複数の検出対象物の上記撮像部の光軸方向の位置関係を判定する上下位置判定部と、を具備してなることを特徴とする物体の位置認識装置。

【請求項4】 上記画像情報生成部により生成された画像を2値化するためのしきい値を自動的に設定する画像情報しきい値設定手段と、上記撮像部により撮像された輝点画像を2値化するためのしきい値を自動的に設定する輝点情報しきい値設定手段とを具備してなる請求項2若しくは請求項3に記載の物体の位置認識装置。

【請求項5】 上記上下位置判定部により検出された検出対象物間の上下位置の差が、予め設定した所定のしきい値よりも小さい時には、両対象物間の上下差を0と判定する請求項3若しくは請求項4記載の物体の位置認識装置。

【請求項6】 上記輪郭線照合部が、照合結果が正しい部品の位置情報を表しているか否かを検証する検証部を含んでなる請求項3若しくは請求項4記載の物体の位置認識装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体の位置を認識するための装置に関し、詳しくは、機械組立用ロボットが組立対象となる部品を検知したり、搬送用ロボットが移動経路を認識したりするときに用いられる装置であって、複数の検出対象物が重なっている場合であっても、

認識対象物体の位置を速やかに、且つ、正確に認識することが可能な物体の位置認識装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 昨今、工場やオフィス内では、作業の省力化、安全性向上のために、機械を組み立てる組立ロボット、製品や材料を仕分ける仕分けロボット、及び、物品を搬送するための搬送用ロボット等の様々なオートメーション技術が用いられている。上記組立ロボット、仕分けロボットには、処理の対象となる組立部品や製品・材料等の位置を的確に検出する機能が必要とされ、また、搬送用ロボットには、ロボットの移動に伴って搬送経路の周辺にある柱や梁、通路の形状を認識して搬送経路が正確であるか否かをチェックする機能等が必要とされる。このような機能を実現するための技術として、例えば、小松技報 1988 Vol. 34No. 121 pp42-49 に提案された装置がある。この装置は、機械を組み立てる時に用いられる組立ロボットに部品の位置を認識させるための部品検出装置である。その従来技術の内容について、図 11 乃至図 13 を参照して説明する。図 11 は、従来の部品検出装置（以下、単に「装置」という。）51 を含むシステムの概略構成を示す模式図である。装置 51 は、画像入力用カメラ 53 と画像処理部 55 とを備える。画像入力用カメラ 53 が、部品 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{13} を撮像すると、その撮像出力に基づいて、画像処理部 55 が後述する所定の処理を施すことにより、部品の位置情報を生成する。画像処理部 55 が生成した部品位置情報は、ロボットコントローラ 57 へ送られ、このロボットコントローラ 57 の制御により、ロボット（図示を省略）が部品 $P_{11} \sim P_{13}$ の中から処理対象となる部品を選び出して掴み取る。

【0003】 上記画像処理部 55 の処理について更に詳しく述べる。図 12 (a) は、装置 51 が認識対象とする丸棒形状のモデル部品 P_0 の外観図である。また、図 12 (b) は、図 12 (a) の線 $A-A'$ におけるモデル部品 P_0 の明度分布を示す特性図である。図示したように、特性図には丸棒形状の部品の曲面に対応した曲線が描かれている。画像処理部 55 は、認識対象とする部品 P_{11} と部品 P_{12} と同一形状のモデル部品 P_0 の明度分布特性を予め記憶しておく。装置 51 の部品検出動作が開始され、画像入力用カメラ 53 により撮像動作が行われ、画像処理部 55 は、画像入力用カメラ 53 の撮像出力に基づいて、図 13 (a) に示す画像情報を生成する。そして、画像処理部 55 は、所定の間隔で明度計測線を設定し、各計測線上で画像の明度を計測する。例えば、図 13 (a) における計測線 B_1-B_1' に対応する明度分布の特性図を図 13 (b) に示す。

【0004】 続いて、画像処理部 55 は、計測した明度分布特性において、予め記憶しているモデル部品 P_0 の明度分布特性と近似する部分を検出する。図 13 (b) に示した例では、計測線 B_1-B_1' における区間 C_{11}

と区間 C_{12} とがモデル部品 P_0 の明度分布特性と近似した特性を示している。画像処理部 55 は、両区間内にモデル部品 P_0 と同一の部品が存在する可能性があると判断する。尚、特性図において区間 C_{14} にも丸棒形状の部品が存在することが示されているが、モデル部品 P_0 の特性とは異なっている。画像処理部 55 は、区間 C_{14} の部品は認識対象部品ではないと判断する。次に、画像処理部 55 は、各計測線上で検出されたモデル部品 P_0 と近似する部分が連続する長さを調べ、所定の幾何学的な補正処理により部品の軸方向の長さを求める。例えば、区間 C_{11} の特性が連続する長さ、即ち部品 P_{11} の軸方向の長さがモデル部品 P_0 と近似するので、画像処理部 55 は、部品 P_{11} がモデル部品 P_0 と同一であると判断する。一方、区間 C_{12} の特性は、計測線 B_2-B_2' 上（対応する特性図は省略）では見つからないので、その長さを求めることができず、画像処理部 55 は、部品 P_{12} がモデル部品 P_0 ではないと判断する。画像処理部 55 は、検出した部品 P_{11} の位置情報のみをロボットコントローラ 57 へ送信する。ロボットコントローラ 57 は送られてきた位置情報に基づいてロボットを制御し、部品 P_{11} を掴み取る動作を行わせる。部品 P_{11} を掴み取った後には部品 P_{12} 、 P_{13} についての検出が可能となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように従来の部品検出装置は、複数の部品が重なっている時には、最上方の部品のみしか認識できず、下方の部品については認識できない。そのため、対象とすべき全ての部品をロボットに掴み取らせるためには、最上方の部品をロボットで掴み取らせてから、再度、撮像動作を行った後に画像処理を行って、最上方にある部品の位置を認識しなおすという手順を繰り返さなければならず、従って、部品の数に応じて撮像及び画像処理の回数が増え、それと共に、ロボットの動作が中断する回数が増え、待機時間も長くなってしまふという欠点があった。また、上記従来の部品検出装置は、明度分布により部品の形状を認識するので、部品表面における模様や汚れ、鏡面反射等により明度分布に偏りがあるとモデル部品との照合処理が行い難くなり、部品を誤認識することがあった。本発明は、かかる実情に鑑み考え出されたものであり、その目的は、複数の検出対象物が重なっている場合であっても、個々の認識対象物体の位置を速やかに、且つ、正確に認識することが可能な物体の位置認識装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、第 1 の発明は、検出対象物が配置された所定の領域を撮像する撮像部と、上記撮像部の出力に基づいて上記所定の領域に含まれる画像情報を生成する画像情報生成部と、上記画像情報生成部により生成された画像情報に

含まれる上記検出対象物の輪郭線の情報を抽出する輪郭線抽出部と、特定の認識対象物体の輪郭線の情報を予め記憶するモデル情報記憶部と、上記モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と上記輪郭線抽出部により抽出された上記検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、該照合結果に基づいて上記検出対象物と上記特定の認識対象物体との同一性を判定する輪郭線照合部と、上記輪郭線照合部からの出力に基づいて上記所定の領域内で複数の検出対象物が重なっているか否かを判断する重なり状態判断部と、上記重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、上記画像情報生成部が生成した画像情報における画像の濃度分布に基づいて、上記複数の検出対象物の上記撮像部の光軸方向の位置関係を判定する上下位置判定部とを具備してなることを特徴とする物体の位置認識装置である。

【0007】また第2の発明は、検出対象物が配置された所定の領域を撮像する撮像部と、上記撮像部の出力に基づいて上記所定の領域に含まれる画像情報を生成する画像情報生成部と、上記画像情報生成部により生成された画像情報に含まれる上記検出対象物の輪郭線の情報を抽出する輪郭線抽出部と、特定の認識対象物体の輪郭線の情報を予め記憶するモデル情報記憶部と、上記モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と上記輪郭線抽出部により抽出された上記検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、該照合結果に基づいて上記検出対象物と上記特定の認識対象物体との同一性を判定する輪郭線照合部と、上記輪郭線照合部からの出力に基づいて上記所定の領域内で複数の検出対象物が重なっているか否かを判断する重なり状態判断部と、上記所定の領域に対して予め定められた規則に従ったドットパターン光を照射する照射部と、上記所定の領域に検出対象物が配置されていない状態で上記照射部からドットパターン光を照射した場合の各ドットに対応する輝点の画像を予め記憶する基準ドット画像記憶部と、上記所定の領域に検出対象物が配置された状態での輝点の画像と上記基準ドット画像記憶部に記憶された輝点の画像とに基づいて、上記各ドットに対応する輝点の3次元座標を算出する輝点位置算出手段と、上記重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、上記輝点位置算出部により算出された輝点の3次元座標の差異に基づいて、上記複数の検出対象物の位置関係を判定する上下位置判定部とを具備してなることを特徴とする物体の位置認識装置である。

【0008】更に第3の発明は、検出対象物が配置された所定の領域を撮像する撮像部と、上記撮像部の出力に基づいて上記所定の領域に含まれる画像情報を生成する画像情報生成部と、上記画像情報生成部により生成された画像情報に含まれる上記検出対象物の輪郭線の情報を抽出する輪郭線抽出部と、特定の認識対象物体の輪郭線

の情報を予め記憶するモデル情報記憶部と、上記モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と上記輪郭線抽出部により抽出された上記検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、該照合結果に基づいて上記検出対象物と上記特定の認識対象物体との同一性を判定する輪郭線照合部と、上記輪郭線照合部からの出力に基づいて上記所定の領域内で複数の検出対象物が重なっているか否かを判断する重なり状態判断部と、上記所定の領域に対して予め定められた規則に従ったドットパターン光を照射する照射部と、上記所定の領域に検出対象物が配置されていない状態で上記照射部からドットパターン光を照射した場合の各ドットに対応する輝点の画像を予め記憶する基準ドット画像記憶部と、上記所定の領域に検出対象物が配置された状態での輝点の画像と上記基準ドット画像記憶部に記憶された輝点の画像とに基づいて、上記各ドットに対応する輝点の3次元座標を算出する輝点位置算出手段と、上記重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、上記画像情報生成部が生成した画像情報における画像の濃度分布と、上記輝点位置算出部により算出された輝点の3次元座標の差異とに基づいて、上記複数の検出対象物の上記撮像部の光軸方向の位置関係を判定する上下位置判定部とを具備してなることを特徴とする物体の位置装置である。

【0009】上記第1の発明によれば、撮像部は、検出対象物が配置された所定の領域を撮像する。画像情報生成部は、上記撮像部の出力に基づいて上記所定の領域に含まれる画像情報を生成する。輪郭線抽出部は、上記画像情報生成部により生成された画像情報に含まれる検出対象物の輪郭線の情報を抽出する。これに先立ってモデル情報記憶部には、特定の認識対象物体の輪郭線の情報を予め記憶しておく。輪郭線照合部は、上記モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と前記輪郭線抽出部により抽出された検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、その照合結果に基づいて検出対象物と特定の認識対象物体との同一性を判定する。こうして上記輪郭線照合部からの出力に基づいて、重なり状態判断部が所定の領域内に複数の検出対象物が重なっているか否かを判断することができる。上記重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、上下位置判定部は、前記画像情報生成部が生成した画像情報における重なり部における画像の濃度分布に基づいて複数の検出対象物の撮像部の光軸方向の位置関係、即ち高さ関係を判定する。こうして重なった状態の物体を1回の撮像画像から3次元的に認識することができる。

【0010】第2の発明によれば、撮像部は、検出対象物が配置された所定の領域を撮像する。上記撮像部の出力に基づいて画像情報生成部は、上記所定の領域に含まれる画像情報を生成する。輪郭線抽出部は、上記画像情

報生成部により生成された画像情報に含まれる検出対象物の輪郭線の情報を抽出する。これに先立ってモデル情報記憶部には、特定の認識対象物体の輪郭線の情報を予め記憶しておく。輪郭線照合部は、モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と前記輪郭線抽出部により抽出された検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、その照合結果に基づいて検出対象物と特定の認識対象物体との同一性を判定する。同一性が成立した場合、上記輪郭線照合部からの出力に基づいて、重なり状態判断部は上記所定の領域内で複数の検出対象物が重なっているか否かを判断することができる。一方、照射部は、上記所定の領域に対して予め定められた規則に従ったドットパターン光を照射する。上記所定の領域に検出対象物が配置されていない状態で上記照射部からドットパターン光を照射した場合の各ドットに対応する輝点の画像を基準ドット画像記憶部に予め記憶しておく。輝点位置算出手段は、上記所定の領域に検出対象物が配置された状態での輝点の画像と、基準ドット画像記憶部に記憶された輝点の画像とに基づいて、各ドットに対応する輝点の3次元座標を算出する。前記重なり状態判断部により、複数の検出対象物が重なっていると判断された場合には、上下位置判定部は、輝点位置算出部により算出された3次元座標の差異に基づいて、複数の検出対象物の重なり部分の撮像部の光軸方向の位置関係を判定する。これによっても1回の撮像処理で複数物体の3次元的位置関係が認識される。

【0011】第3の発明によれば、撮像部は、検出対象物が配置された所定の領域を撮像する。上記撮像部の出力に基づいて画像情報生成部は、上記所定の領域に含まれる画像情報を生成する。輪郭線抽出部は、上記画像情報生成部により生成された画像情報に含まれる検出対象物の輪郭線の情報を抽出する。これに先立ってモデル情報記憶部には、特定の認識対象物体の輪郭線の情報を予め記憶しておく。輪郭線照合部は、上記モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と前記輪郭線抽出部により抽出された検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、その照合結果に基づいて検出対象物と特定の認識対象物体との同一性を判定する。同一性が成立した場合、上記輪郭線照合部からの出力に基づいて、重なり状態判断部は、所定の領域内で複数の検出対象物が重なっているか否かを判断することができる。一方、照射部は、所定の領域に対して予め定められた規則に従ったドットパターン光を照射する。上記所定の領域に検出対象物が配置されていない状態で上記照射部からドットパターン光を照射した場合の各ドットに対応する輝点の画像を基準ドット画像記憶部に予め記憶しておく。次いで上記所定の領域に検出対象物が配置された状態での輝点の画像と、基準ドット画像記憶部に記憶された輝点の画像とに基づいて、輝点位置算出手段が、各ドットに対応する輝点の3次元座標を算出する。前記重なり

り状態判断部により、複数の検出対象物が重なっていると判断された場合には、上下位置判定部は、前記画像情報生成部が生成した画像情報における画像の濃度分布と、輝点位置算出部により算出された輝点の3次元座標の差異とに基づいて重なり部における複数の検出対象物の撮像部の光軸方向の位置関係を判定する。重なり部における画像の濃度分布と、輝点の3次元座標の両方が重なり部の3次元認識に用いられるので、認識精度が著しく向上する。

10 【0012】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明を具体化した実施の形態について説明し、本発明の理解に供する。尚、以下の第1乃至第3の各実施形態は、機械組立用ロボットが複数の部品の中から組立に用いる部品を選び出して掴み取るときに、部品の位置を検出するために用いられる部品検出装置の構成を示すが、これらは本発明を具体化した一例であって、本発明の技術的範囲を限定する性格のものではない。

20 【0013】【第1実施形態】はじめに、図1乃至図5を参照して、第1実施形態について説明する。図1は、第1実施形態に係る部品検出装置（以下、単に「装置」と言う。）1の構成を示すブロック図である。装置1は、機械組立用ロボット（図示を省略）のコントローラ3（破線で図示）に接続され、ロボット（図示を省略）が、配置プレート16上に配置された複数の部品の中から組立に用いられる部品を選び出して掴み取る場合に、対象となる部品の位置を検出し、その検出情報をロボットコントローラ3へ出力する。装置1は、画像入力用カメラ4と、画像取込み部5と、特徴抽出部7と、モデル記憶部9と、モデル照合部11と、重なり状態判断部13と、上下判定部15とを含む。画像入力用カメラ4は、配置プレート16の上方に配設される。画像入力用カメラ4は、部品検出時に撮像動作を行う。以下の説明では、画像入力用カメラ4が撮像する領域を撮像領域17という。図示において、破線で示した撮像領域17内に検出部品P₁、P₂が配置されている。画像入力用カメラ4の撮像出力は、画像取込み部5へ送られる。画像取込み部5は、撮像出力に基づいて撮像領域17の画像情報を生成する。画像取込み部5が生成する画像情報は、撮像領域17内の光学的な濃度分布を表す濃淡画像である。

40 【0014】特徴抽出部7は、画像取込み部5が生成した濃淡画像に対して、所定の閾値を基準にした2値化処理を施し、濃度が高い部分と濃度が低い部分との境界線を検出する。この境界線は、撮像領域17内に部品が配置されている場合には、その配置されている箇所の輪郭線となる。即ち、本実施形態では、検出部品P₁、P₂の表面と、撮像領域17内の部品が配置されていない部分（以下、「背景部分」という。）18との光学的な濃度分布の差異を利用して、部品が配置されている箇所の

輪郭線を求める。尚、特徴抽出部7における輪郭線検出処理を正確に行うために、検出部品 P_1 、 P_2 の表面と背景部分18の表面との濃度差が大きくなるように配置プレート16を白色にして検出部品 P_1 、 P_2 を黒色にしたり、検出部品の反射を抑制する塗装を施したりすることが望ましい。更に、特徴抽出部7は、検出した輪郭線に含まれる頂点を抽出する。そして、特徴抽出部7は、抽出した頂点の数、座標、輪郭線上での並び、頂点角度、及び頂点間の線分の長さを算出する。一方、モデル記憶部9は、認識対象とする部品（以下、「モデル部品」という。） P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 の頂点数、座標、輪郭線上での並び、頂点角度、及び頂点間の線分の長さをモデル情報として予め記憶しておく。尚、検出部品 P_1 はモデル部品 P_1 と、検出部品 P_2 はモデル部品 P_2 とそれぞれ同一であるものとする。

【0015】モデル照合部11は、特徴抽出部7から出力された輪郭線情報を受けるとモデル記憶部9に記憶されているモデル情報を読み出す。モデル照合部11は、輪郭線情報とモデル情報とを照合し、輪郭線を構成する部品の種類とその配置情報を求める。配置情報は、対応するモデル情報と輪郭線情報との間で座標変換マトリクスを求めること等により算出される。尚、ここで言う配置情報とは、配置プレート16上での2次元的な位置情報のことである。重なり状態判断部13は、モデル照合部11から出力された部品の配置情報によって部品が重なっているか否かを判断し、その判断結果に応じて、部品が重なっているか否かを表す重なり部品情報を上下判定部15へ送る。重なり状態判断部13は、部品が重なっていると判断した場合には、重なり部品情報の中に、重なっている部品（以下、「重なり部品」という。）の組合せと重なっている位置とを対応付けた情報を含ませて送る。上下判定部15は、送られてきた重なり部品情報が、部品が重なっていることを表す時には、重なり部品情報に含まれる重なり部品の組合せ及び重なっている位置についての情報と、画像取込み部5が生成した濃淡画像とに基づいて、重なり部品の上下関係即ち画像入力用カメラ4の光軸方向の位置関係を判定する。上下判定部15は、判定結果に基づいて、部品が重なっていることを表す情報と、重なり部品の組合せと、その上下関係を表す情報とを含む上下判定情報をロボットコントローラ3へ送る。また、上下判定部15は、重なり部品情報が部品が重なっていないことを表す時には、部品が重なっていないことを表す情報のみを上下判定情報に含ませてロボットコントローラ3へ送る。

【0016】ロボットコントローラ3には、モデル照合部11から送られてくる部品の配置情報と、上下判定部15から送られてくる上下判定情報とが入力される。ロボットコントローラ3は、部品の配置情報と共に、重なり部品の上下関係を表す情報が得られるので、部品の重なり状態に応じた手順で部品をピックアップさせるように

ロボットの動作を制御することができる。次に、装置1の画像処理の詳細について図2乃至図5を参照して説明する。図2及び図3は、装置1による画像処理の内容を示す模式図である。装置1の部品検出処理の過程では、図2(a)～(c)、図3(a)～(c)の順で、画像情報が処理される。例では、配置プレート16上に検出部品 P_1 、 P_2 が図1に示した状態で配置されている場合の画像が示されている。

【0017】装置1の部品検出処理が開始されると、画像入力用カメラ4が撮像領域17を撮像する。画像入力用カメラ4の撮像出力は、画像取込み部5へ送られ、画像取込み部5は、送られてきた撮像出力に基づいて図2(a)に示す濃淡画像を生成する。尚、本実施形態では、検出対象とされる部品として、表面が黒色又は黒色に近い明度が低い色のものをを用い、それに対して、配置プレート16は白色又は白色に近い明度が高い色に着色している。そのため、濃淡画像は、検出部品 P_1 、 P_2 が配置されている部分では、濃い灰色の画像 F_1 、 F_2 となり、一方、部品が配置されていない背景部分18に対応する箇所は白色又は白色に近い淡い灰色の画像 F_3 となる。図示では、濃い灰色の画像を斜線で示し、白色又は白色に近い淡い灰色の画像を白色で示す。図2(b)は、画像取込み部5が生成した濃淡画像に対して、特徴抽出部7が2値化処理を施し、その結果として生成された2値化画像である。2値化画像では、閾値を基準にして、濃淡画像が黒色又は白色の画像のいずれかに変換される。図示では、検出部品 P_1 、 P_2 の画像 F_1 、 F_2 が黒色画像（図示にて格子線にて示す） F_4 に、背景部分18の画像 F_3 が白色画像 F_5 に変換されている。

【0018】続いて、特徴抽出部7は、図2(c)に示したように2値化画像における黒色画像 F_4 の輪郭線 F_6 を抽出する。次に、特徴抽出部7は、図3(a)に示したように、輪郭線画像 F_6 に含まれる頂点 $C_1 \sim C_{12}$ を抽出する。前述したように、本実施形態では輪郭線の特徴を表す情報として、頂点の数、座標、輪郭線上での並び、頂点角度、及び頂点間の線分の長さを算出する。特徴抽出部7は算出した輪郭線情報をモデル照合部11へ送る。図3(b)は、モデル照合部11にて行われる部品照合処理の内容を示す図である。モデル照合部11は、輪郭線情報に含まれる頂点列の情報の中で、モデル記憶部9に記憶されているモデル情報に対応する部分を探し出す。前述したように、モデル情報は、モデル部品の頂点列の情報である。図3(b)にて、モデル照合部11が、頂点 C_1 、 C_6 、 C_7 、 C_{12} はモデル部品 P_1 の頂点情報に対応し、頂点 C_3 、 C_4 、 C_9 、 C_{10} はモデル部品 P_2 の頂点情報に対応すると判断して、それぞれ部品輪郭線 F_8 、 F_9 を抽出した状態を示している。

この処理により、撮像領域17内に配置されている検出部品 P_1 、 P_2 とモデル記憶部9に記憶されているP

、 P_1 との同一性が判定され、更に、モデル部品 P_1 、 P_2 の頂点座標と部品輪郭線 F_8 、 F_9 の頂点座標との間の座標変換マトリクスを算出して検出部品の配置情報を生成する。生成された部品の配置情報は、ロボットコントローラ3へ送られると共に、重なり状態判断部13へ送られる。重なり状態判断部13は、送られてきた配置情報に基づいて、検出部品が重なっているか否かを判断する。検出部品が重なっているか否かは、例えば、既に抽出されている頂点の位置情報に基づいて、部品輪郭線 F_8 、 F_9 の各線分が交差しているか否か等を判定することにより判断できる。図3(b)では、頂点 C_2 、 C_5 、 C_8 、 C_{11} にて囲まれた領域(破線にて示す)にて検出部品 P_1 、 P_2 が重なっていると判断される。この領域のことを以下の説明では重なり領域Rという。

【0019】図3(c)は、上下判定部15により行われる上下判定処理の内容を示す模式図である。上下判定部15は、検出部品の上下を判定するために以下の処理を行う。上下判定部15は、検出部品 P_1 、 P_2 が重なっていると判断された重なり領域Rに対して、輪郭線 F_8 の内側の領域であって、重なり領域Rの内側から外側*

$$\theta = \tan^{-1} (G_v / G_h) \quad \cdots (1)$$

$$G_\theta = \sqrt{G_v^2 + G_h^2} \quad \cdots (2)$$

図5は、エッジの分布を表す模式図であり、例として、エッジ検出領域 R_{a1} の内部について示している。図5にて、エッジは矢印 $a_{10} \sim a_{19}$ のように分布している。エッジ検出領域 R_{a1} では、検出部品 P_1 と検出部品 P_2 とが重なる部分で検出部品の表面の段差が生じる。従って、この部分を撮像して得られた濃淡画像では、2つの検出部品 P_1 、 P_2 の輪郭線 F_8 、 F_9 の境界部分で高濃度領域 R_h (斜線にて示す)が生じる。この高濃度領域 R_h と周辺の低濃度領域との間でエッジ強度は最大となるので、エッジが矢印 a_{11} 、 a_{13} 、 a_{14} 、 a_{15} 、 a_{17} 、 a_{19} のように分布する。また、エッジ検出領域 R_{a1} では、検出部品 P_1 、 P_2 の表面における模様や汚れ、表面反射等によって、フラットな部分でも濃度分布に偏りが生じることがある。矢印 a_{10} 、 a_{12} 、 a_{16} 、 a_{18} は、このような濃度分布の偏りによって生じたエッジである。

【0021】上下判定部15は、これらのエッジ $a_{10} \sim a_{19}$ の内、検出部品 P_1 の輪郭線 F_8 に直交する方向に近いエッジを選択する。これにより、異なる検出部品が重なった段差によるエッジ a_{11} 、 a_{13} 、 a_{14} 、 a_{15} 、 a_{17} 、 a_{19} のみが選択され、表面の模様、汚れや表面反射等によるエッジ a_{10} 、 a_{12} 、 a_{16} 、 a_{18} は除外される。そして、上下判定部15は、選択したエッジの強度の合計値を算出する。選択したエッジ a_{11} 、 a_{13} 、 a_{14} 、 a_{15} 、 a_{17} 、 a_{19} のそれぞれの強度を G_{a11} 、 G_{a13} 、 G_{a14} 、 G_{a15} 、 G_{a17} 、 G_{a19} とすると、エッジ強度の

*へと輪郭線 F_8 を横切る2つの領域をエッジ検出領域 R_{a1} 、 R_{a2} とする。更に、上下判定部15は、輪郭線 F_8 の内側の領域であって、重なり領域Rの内側から外側へと輪郭線 F_8 を横切る2つの領域をエッジ検出領域 R_{b1} 、 R_{b2} とする。上下判定部15は、濃淡画像に対して、エッジ検出領域 R_{a1} 、 R_{a2} 、 R_{b1} 、 R_{b2} のそれぞれの内部における画像の濃度エッジを検出する。ここでいう濃度エッジとは濃度勾配が最大になる方向であり、以下の説明では、濃度エッジのことを単に「エッジ」という。エッジは、上下判定部15に備えられたエッジ検出機能を用いて求められる。

【0020】エッジ検出機能について説明する。上下判定部15は、濃淡画像に含まれる画像に対して、図4に示すソーベルフィルタを施し、水平方向、垂直方向における勾配値 G_h 、 G_v を求める。(a)は水平方向の、(b)は垂直方向の勾配値を算出するためのソーベルフィルタである。そして、上下判定部15は、エッジの方向 θ を式(1)にて算出し、更に、エッジ方向の勾配値であるエッジ強度 G_θ を式(2)にて算出する。

【数1】

合計値 S_{a1} は、 $S_{a1} = G_{a11} + G_{a13} + G_{a14} + G_{a15} + G_{a17} + G_{a19}$ の式にて算出される。上下判定部15は、上述した処理と同様の処理を他のエッジ検出領域 R_{a2} 、 R_{b1} 、 R_{b2} に対しても施し、それぞれでエッジ強度の合計値 S_{a2} 、 S_{b1} 、 S_{b2} を算出する。そして、上下判定部15は、強度合計値 S_{a1} 、 S_{a2} 、 S_{b1} 、 S_{b2} について、 $S_{a1} + S_{a2} > S_{b1} + S_{b2}$ であれば、検出部品 P_2 の上に P_1 があり、 $S_{a1} + S_{a2} < S_{b1} + S_{b2}$ であれば、検出部品 P_1 の上に P_2 があると判定する。これにより、ロボットによりピックアップする部品の順序が決定される。

【0022】以上、本発明の第1実施形態の構成を説明した。上述した構成の特徴について述べる。上記画像入力用カメラ4により、検出対象物が配置された所定の領域を撮像する撮像部が構成されている。上記画像取込み部5により、撮像部の出力に基づいて所定の領域に含まれる画像情報を生成する画像情報生成部が構成されている。上記特徴抽出部7により、画像情報生成部により生成された画像情報に含まれる検出対象物の輪郭線の情報を抽出する輪郭線抽出部が構成されている。上記モデル記憶部9により、特定の認識対象物体の輪郭線の情報を予め記憶するモデル情報記憶部が構成されている。上記モデル照合部11により、モデル情報記憶部から読み出した特定の認識対象物体の輪郭線の情報と輪郭線抽出部により抽出された検出対象物の輪郭線の情報とを照合し、該照合結果に基づいて検出対象物と特定の認識対象

物体との同一性を判定する輪郭線照合部が構成されている。上記重なり状態判断部13により、輪郭線照合部からの出力に基づいて所定の領域内で複数の検出対象物が重なっているか否かを判断する重なり状態判断部が構成されている。上記上下判定部15により、重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、画像情報生成部が生成した画像情報における画像の濃度分布に基づいて、複数の検出対象物の撮像部の光軸方向の位置関係を判定する上下位置判定部が構成されている。

【0023】上述した第1実施形態によれば、1回の撮像動作とそれに続く画像処理のみにより、検出部品の配置情報と上下関係に関する情報が得られるので、最上方にある部品を掴みとって移動させてから、再度、撮像動作及び画像処理を繰り返す必要がなく、ロボットの動作の中断回数が減少し、また、ロボットの待機時間を短縮できる。また、上下判定については、エッジの方向により上下判定に用いるべきエッジのみが抽出されるので、検出部品の表面の模様や汚れ、鏡面反射等による濃度分布の偏りに起因した誤判定が生じることを防止できる。

【0024】【第2実施形態】次に、本発明の第2実施形態を図6乃至図9を参照して説明する。尚、第2実施形態において上述の第1実施形態と同様の機能を有するものには、同一の符号を付けて示す。図6は、第2実施形態に係る部品検出装置（以下、単に「装置」と言う。）20の構成を示すブロック図である。装置20は、装置1の画像取込み部5と上下判定部15とに代えて、画像取込み部25と上下判定部27とを含む。更に装置20は、レーザ投光器21と、レーザフィルタ23と、ドットパターン光基準位置記憶部29と、ドットパターン光3次元位置算出部31と、切換スイッチ33とを含む。レーザ投光器21とレーザフィルタ23とは、撮像領域17に対して、所定の規則に従って光軸が並ぶドットパターン光を照射するための手段である。レーザ投光器21は、画像取込み部25からの指令信号にตอบสนองして、レーザ光を出射する。レーザフィルタ23は、例えば、複数のファイバグレーティングを直交させて構成され、レーザ投光器21の光軸上に配設される。レーザ投光器21から出射されたレーザ光が、レーザフィルタ23を透過すると、直交する複数のファイバグレーティングにより回折作用が生じ、透過光は、所定の規則に従って光軸が並ぶドットパターン光となる。本実施形態では、このドットパターン光を利用して、検出部品の上下関係を判定する。

【0025】画像取込み部25は、画像入力用カメラ4とレーザ投光器21とに接続され、必要に応じて、画像入力用カメラ4に撮像指令を、レーザ投光器21にレーザ光出射指令を送る。画像取込み部25は、1回の部品検出処理にて、2種類の画像情報を生成する。その内の

1種類は、画像取込み部25が画像入力用カメラ4とレーザ投光器21との両方に指令信号を送り、撮像領域17にドットパターン光が照射された状態で画像入力用カメラ4に撮像動作を行わせ、その撮像出力に基づいて生成する画像情報である。以下の説明では、これをドットパターン画像という。もう1種類は、画像取込み部25が画像入力用カメラ4にのみ指令信号を送り、自然光が照射された状態での撮像により得られる画像であり、第1実施形態の画像取込み部5が生成するのと同様の濃淡画像である。尚、ドットパターン光の照射時と非照射時とに係わらず、画像取込み部25が生成する画像は、撮像領域17の濃淡を表す画像であるが、本実施形態では、上記「ドットパターン画像」と区別するために、単に「濃淡画像」という場合は、ドットパターン光を照射していない状態で自然光により撮像した画像のことを表す。切換スイッチ33は、画像取込み部25が生成した画像情報の出力先を切り換えるための手段である。切換スイッチ33は、画像取込み部25の出力がドットパターン画像であるときは、画像取込み部25の出力端子をドットパターン光3次元位置算出部31への伝送経路に接続し、画像取込み部25の出力が濃淡画像であるときは、画像取込み部25の出力端子を特徴抽出部7への伝送経路に接続する。

【0026】ドットパターン光基準位置記憶部29は、配置プレート16上に検出部品が配置されていないときに、ドットパターン光が照射された状態で画像入力用カメラ4が撮像した場合の情報であって、配置プレート16上に形成される輝点の重心位置の情報を予め記憶しておく。ドットパターン光3次元位置算出部31には、画像取込み部25からドットパターン画像が送られる。ドットパターン光3次元位置算出部31は、ドットパターン画像が送られて来ると、ドットパターン光基準位置記憶部29から輝点の基準位置情報を読み出し、ドットパターン画像に含まれる輝点の位置と基準位置との差異に基づいて、ドットパターン画像に含まれる輝点の3次元座標を算出する。3次元座標の算出処理の詳細については後述する。上下判定部27には、画像取込み部25が生成した濃淡画像と、重なり状態判断部13が出力した重なり部品情報とが送られる。上下判定部27が、第1実施形態の上下判定部15と異なる点は、上下判定部27は、ドットパターン光3次元位置算出部31が算出した輝点の3次元座標に基づいて検出部品の上下を判定することである。上下判定部27は、第1実施形態の上下判定部15と同様の上下判定情報をロボットコントローラ3へ送る。

【0027】次に、図7と図8とを参照して、ドットパターン光3次元位置算出部31の処理の詳細について説明する。図7は、ドットパターン光を照射している時に撮像した画像であり、(a)は配置プレート16上に検出部品が配置されていない状態の画像であり、(b)は

検出部品が配置されている状態での画像である。また、図8は輝点の3次元座標を算出する方法を示す模式図である。図7(a)に示したように、検出部品が配置されていない状態では、ドットパターン光の各ドットの輝点は規則的に一定間隔で並んで形成される。一方、検出部品が配置されている状態では、図7(b)に示したように、検出部品の立体形状や配置位置に応じて輝点の形成位置が変化する。図8は、ドットパターン光の照射により形成される輝点の3次元位置を算出する方法を示す図*

$$\left. \begin{aligned} Z &= h^2 \delta / (d1 + h\delta) \\ X &= u(h - Z) / 1 \\ Y &= (v + \delta)(h - Z) / 1 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

図7(a)に示した画像に含まれる輝点の基準位置は、予めドットパターン光記憶部29に記憶されている。そして、ドットパターン光3次元位置算出部31は、上下判定部27から輝点座標の算出要求があった場合に、図7(b)に示すドットパターン画像に含まれる輝点を検出する。次に、ドットパターン光3次元位置算出部31は、ドットパターン光基準位置記憶部29から各輝点に対応する基準位置情報を読み出し、上記式(3)を用いて各輝点の3次元座標を算出する。

【0028】次に、図9を参照して上下判定部27の処理内容について説明する。第1実施形態にて説明したように、モデル照合部11により部品の配置情報が算出され、また、重なり状態判断部15により複数の部品が重なっている位置が検出される(図3(b)参照)。上下判定部27は、検出部品P₁、P₂の輪郭線F₁、F₂の内側にある輝点の中から、重なり領域Rの外側にある輝点を検出する。そして、上下判定部27は、検出した輝点の3次元座標をドットパターン光3次元位置算出部31に算出するように要求する。この要求にตอบสนองして、ドットパターン光3次元位置算出部31から輝点の3次元座標が送られて来ると、上下判定部27は、輝点の3次元座標に基づいて検出部品P₁、P₂の表面の平面方程式を求める。

【0029】次に、上下判定部27は、重なり領域R(図9にて斜線で示す)の重心位置を求め、その重心における検出部品P₁、P₂の表面の高さを平面方程式から算出する。例えば、検出部品P₁の平面方程式がP_a・X+Q_a・Y+Z=D_aであり、検出部品P₂の平面方程式がP_b・X+Q_b・Y+Z=D_bである場合に、重なり領域Rの重心の座標が(G_x, G_y)であれば、重なり領域Rの重心における検出部品P₁の表面の高さZ_aは、Z_a=D_a-P_a・G_x-Q_a・G_yとなり、検出部品P₂の表面の高さZ_bは、Z_b=D_b-P_b・G_x-Q_b・G_yとなる。上下判定部27は、算出した部品表面の高さZ_a、Z_bを用いて、Z_a>Z_bであれば、検出部品P₁が上であり、Z_a<Z_bであれば、検

*である。同図において、画像入力用カメラ4の焦点距離1、画像入力用カメラ4のレンズとレーザフィルタ23の高さをh、レンズとレーザフィルタ23との距離をd、輝点の画像上での移動量をδとする。また、画像情報内での輝点画像N₁、N₂の座標を撮像面におけるU-V座標にて、それぞれ(u, v)、(u, v+δ)にて表す。部品表面に形成された輝点のX-Y-Z 3次元座標は、式(3)により算出することができる。

【数2】

出部品P₂が上であると判定する。例ではZ_a>Z_bであり、検出部品P₁が上であると判定される。ロボットコントローラ3はこの上下判定の結果を受けて、上にある部品から順に掴み取る。

【0030】以上に本発明の第2実施形態を説明した。上述した第2実施形態の構成の特徴について述べる。上記レーザ投光器21とレーザフィルタ23とにより、所定の領域に対して予め定められた規則に従ったドットパターン光を照射する照射部が構成されている。上記ドットパターン光記憶位置29により、所定の領域に検出対象物が配置されていない状態でドットパターン光を照射した場合の各ドットに対応する輝点の画像を予め記憶する基準ドット画像記憶部が構成されている。上記ドットパターン光3次元位置算出部31により、所定の領域に検出対象物が配置された状態での輝点の画像と、基準ドット画像記憶部に記憶された輝点の画像とに基づいて、各ドットに対応する輝点の3次元座標を算出する輝点位置算出手段が構成されている。また、上記上下判定部27により、重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、輝点位置算出部により算出された輝点の3次元座標の差異に基づいて、複数の検出対象物の撮像部の光軸方向の位置関係を判定する上下位置判定部が構成されている。更に、上記画像入力用カメラ4と、上記画像取込み部25と、上記特徴抽出部7と、上記モデル記憶部9と、上記モデル照合部11と、上記重なり状態判断部13とが、それぞれ、第1実施形態にて説明した撮像部と、画像情報生成部と、輪郭線抽出部と、モデル情報記憶部と、輪郭線照合部と、重なり状態判断部とに相当する。

【0031】上述した第2実施形態によれば、第1実施形態と同様に、装置20の1回の処理により、最上方にある部品を掴み取って移動させてから、再度、部品検出処理を繰り返す必要がなく、ロボットの動作を中断させる回数が減少し、また、ロボットの待機時間を短縮することができる。また、検出部品の上下判定については、ドットパターン光の輝点の形成位置の変化に基づいて判

定処理を行うので、検出部品の表面における模様や汚れ、鏡面反射等による濃度分布の偏りに起因した判定の誤りが生じることを防止できる。更には、検出部品の上下判定を行う場合に、自然光の元での濃淡画像を使用せず、レーザ投光器 21 とレーザフィルタ 23 とにより構成される照射部から照射したドットパターン光の画像を用いるので、装置 20 の周辺における照明の変化が生じた場合であっても、上下判定の誤りが生じることを防止できる。

【0032】 [第3実施形態] 次に、本発明の第3実施形態を図10を参照して説明する。尚、第3実施形態において、上述の第1実施形態及び第2実施形態と同様の機能を有するものには、同一の符号を付けて示す。図10は、第3実施形態に係る部品検出装置（以下、単に「装置」と言う）40の構成を示すブロック図である。装置40は、第2実施形態の装置20の上下判定部27に代えて上下判定部41を含む。更に、装置40では、切換スイッチ33から特徴抽出部7へと連絡する情報の伝送経路から別の伝送経路を分岐させ、この伝送経路を上下判定部41に接続している。他の構成については、第2実施形態と同様である。上下判定部41について説明する。上下判定部41には、重なり状態判断部13から重なり部品情報が送られてくる。上下判定部41は送られてきた重なり部品情報が、複数の検出部品が重なっていることを表す場合に、第1実施形態にて説明したエッジ検出処理と、第2実施形態にて説明した平面方程式算出処理との両方の処理を行う。上下判定部41は、エッジ検出処理を行う場合に、画像取込み部25が生成した濃淡画像を用い、一方、平面方程式算出処理を行う場合に、ドットパターン光3次元位置算出部31に輝点の3次元座標を算出させ、その値に基づいて平面方程式を求め

【0033】 上下判定部41は、判定の対象となる検出部品の高さの差についての所定の閾値を予め記憶しておく。そして、上下判定部41は、判定の対象となる検出部品 P_1 、 P_2 の重なり領域 R の重心における高さ Z_a 、 Z_b を平面方程式（第2実施形態にて説明）を用いて算出し、 $|Z_a - Z_b| \geq \text{閾値}$ であれば、平面方程式算出処理によって得られた高さに基づいて上下判定を行う。また、 $|Z_a - Z_b| < \text{閾値}$ であれば、エッジ検出処理にて上下判定を行う。尚、エッジ検出処理と平面方程式算出処理とのいずれの処理を用いるかを判断する基準は、上述した閾値を用いる方法の他、対象となる検出部品の種類や、装置40が設置される環境等を考慮して望ましい方法を用いるようにしても良い。

【0034】 以上に本発明の第3実施形態を説明した。上記第3実施形態の構成の特徴について述べる。上記上下判定部41により、重なり状態判断部により複数の検出対象物が重なっていると判断された場合に、画像情報生成部が生成した画像情報における画像の濃度分布と、

輝点位置算出部により算出された輝点の3次元座標とに基づいて、複数の検出対象物の撮像部の光軸方向の位置関係を判定する上下位置判定部が構成されている。また、上記画像入力用カメラ4が、第1実施形態にて説明した撮像部に相当し、上記レーザ投光器21及びレーザフィルタ23が、第2実施形態にて説明した照射部に相当する。更に、上記特徴抽出部7とモデル記憶部9とモデル照合部11と、重なり状態判断部13とが、それぞれ、第1実施形態にて説明した輪郭線抽出部と、モデル情報記憶部と、輪郭線照合部と、重なり状態判断部に相当する。更にまた、上記画像取込み部25と、ドットパターン光基準位置記憶部29と、ドットパターン光3次元位置算出部31とが、それぞれ、第2実施形態にて説明した画像情報生成部と、基準ドット画像記憶部と、輝点位置算出部とに相当する。

【0035】 上述した第3実施形態によれば、第1実施形態及び第2実施形態と同様に、複数の検出部品が重なっている場合であっても、最上方になる部品を掴み取って移動させてから再度部品検出処理を繰り返す必要がなく、ロボットの動作の中断回数が減少し、また、ロボットの待機時間も短縮できる。また、検出部品の上下判定処理については、エッジ検出処理と平面方程式算出処理との両方を備えるので、検出部品の種類や状態、装置が設置される周辺的环境等に応じて望ましい処理を選択することができる。

【0036】

【実施例】 上記した第2及び第3の実施形態では重なり部品にドットパターンを照射しない状態で画像情報生成部において取り込んだ濃淡画像を2値化してその輪郭画像を得る。また重なり部品にドットパターンを照射し、上記画像生成部によりドットパターン画像を取り込み、これを2値化処理して背景画像からドットパターンを抽出する。このように背景画像から部品画像及びドットパターンを抽出するために2値化処理が必要であるが、このような2値化のためのしきい値を一定に設定しておいたのでは次のような問題がある。即ち、部品の位置計測を無人で連続計測する場合、背景部分の明るさが変化したり、部品部分の明るさが変化することがあり、背景画像から部品画像又はドットパターン画像を正確に抽出できなくなる場合がある。このように一定不変のしきい値では、安定して部品の位置を認識することができない。このような撮像対象の明るさが変化する場合にそれに合わせて濃淡画像及びドットパターン画像の2値化のためのしきい値を自動的に変化させる手法について図14～図16を参照して説明する。図14は暗い背景に、それよりも明るい部品がおかれている場合の濃淡画像の明度のヒストグラムである。この場合図に示すように背景（明るい部分）に相当する山と、部品（暗い部分）に相当する山が分離して現れる（双方向性）。この2つの山の間の谷にしきい値 t を設定すれば部品を背景から分離で

19

きる。双方性のあるヒストグラムの谷の値を求める手法として、判別基準法、P-タイル法、モード法等が良く知られている。

【0037】一例として判別基準法をこの物体位置認識装置に適用した場合に付いて説明する。他のしきい値決定法も周知であるからここでは説明しない。判別基準法は、あるしきい値 t の評価基準（判別基準）を決めておき、それが最大になる t を選択するものである。即ち、しきい値 t が与えられれば、それによって画像が2種類の領域 R_1 と R_2 に分けられる。理想的には、各 R_i （ $i=1, 2$ ）の領域内の明るさの差が小さくて、領域間の明るさの差が大きくなる t を評価基準によって選択する。このことを式で表せば次のようになる。画像全体の明るさの平均を μ_T 、分散を σ_T^2 とする。 R_1 と R_2 が全体に占める面積の割合を ω_1 と ω_2 とする（ $\omega_1 + \omega_2 = 1$ ）。 R_1 と R_2 の平均的明るさを μ_1, μ_2 とすれば、いわゆるクラス間分散 σ_B^2 は次の式で定義される。

$$\sigma_B^2 = \omega_1 (\mu_1 - \mu_T)^2 + \omega_2 (\mu_2 - \mu_T)^2 \\ = \omega_1 \omega_2 (\mu_1 - \mu_2)^2$$

クラス間分散 σ_B^2 はしきい値 t によって変化するので、 $\sigma_B^2(t)$ と書くことにする。しきい値 t に対する判別基準 $\eta(t)$ は

$$\eta(t) = \sigma_B^2(t) / \sigma_T^2$$

で与えられる。画像の明るさの範囲を k_1 から k_2 までとすれば、 t を k_1 から k_2 まで1ずつ変化させながら $\eta(t)$ の値を計算し、それが最大値をとるような t をしきい値とすればよい。

【0038】上記判別基準法を使って判別基準 $\eta(t)$ が最大となる画像の明るさ（しきい値 t を自動的に設定して明るさが $0 \sim t$ を背景領域とし、 $t \sim 255$ を部品領域とすることにより背景部分から部品領域を抽出することができる。またドットパターン画像の明るさのヒストグラムは、図15に示すように背景に相当する山と、部品に相当する山と、ドットパターン（輝点）に相当する山の3つの山が現れる。背景から部品を分離するしきい値 t_1 はすでに上記判別分析法で求まっている。ヒストグラム中の t_1 以上の山に注目すると、山が2つ存在する。従って、 t_1 以上の領域に対して、上記判別基準法を使えば、部品とドットパターンを分離する最適しきい値 t_2 を求めることができる。従ってレベル $t_2 \sim 255$ が輝点領域となる。ドットパターン画像における2値化しきい値を求める別の方法について説明する。ドットパターン画像は濃淡画像にドットパターンを照射した画像なので、ドットパターンが照射された位置以外の明るさは濃淡画像と同じである。今、ドットパターン画像の各画素の値から濃淡画像の各画素の値を引き、生成された新しい画像を「ドットパターン画像B」とする。

「ドットパターン画像B」＝「ドットパターン画像」－「濃淡画像」

20

【0039】すると、「ドットパターン画像B」のドットパターンが照射されている位置以外の明るさは、0付近となり、明るさのヒストグラムは、図16のように双方性を示す。従って、「ドットパターン画像B」の明るさのヒストグラムに対して、判別基準法を使えば、2値化しきい値 t_2 を自動的に求めることができ、明るさのレベルが $t_2 \sim 255$ の領域が輝点領域になる。また上記第2及び第3の実施形態では、検出されたドットパターン画像と、基準ドットパターン画像との比較に基づいて輝点の3次元座標を演算し重なった物体の上下位置関係を上下位置判定部により判定するが、重なり領域での重心における上下位置の差が輝点の計測精度以下の場合には上記判定の意味がなく、判定の労が無駄になる。従って上下位置判定部において重なり領域での重心における上下位置の差が輝点の計測精度以下か否かを先に検出して、判定を行うか否かを決めることが望ましい。この場合の計測精度は次のようにして予め演算しておく。

【0040】図8を基礎とする（3）式の

$$Z = h^2 \delta / (d l + h \delta)$$

から、 $Z=0$ における輝点の上下方向の計測精度 ΔZ は上記（3）式を δ で微分することにより

$$\Delta Z = (h^2 / d l) \Delta \delta$$

となる。この ΔZ を上下位置判定のしきい値として設定しておき、上下位置判定部において、重なり領域の重心の上下位置の差が、上記上下位置判定しきい値 ΔZ 以下の場合には、輝点の上下位置の差は計測精度以下になるので、上下判定を行わない（判定する意味がない）。上記上下判定限界しきい値以上の場合には、上記第2及び第3実施形態通り上下位置の判定を行う。このようにして判定の無駄と精度の低下を回避することができる。

【0041】更に、上記第1～第3の実施形態ではいずれも、モデル情報記憶部から読み出したモデルの認識対象物体の輪郭線情報と上記輪郭抽出部により抽出された上記検出対象物の輪郭線とを照合し、両者の同一性を判定するが、同一性が正しいか否かの検証は行われていない。しかし上記実施形態での同一性の判定では、偶然同一の輪郭が抽出される可能性も否定できず、物体認識の精度を上げるためには、上記検証が必要である。以下は上記のような同一と判定された輪郭が正しく物体の輪郭であるか否かを検証する手法の一例である。即ち、図17(a)において、モデル照合部（輪郭線照合部）11から出力された輪郭線情報Aから部品の端点を結んで得られる閉領域は X_1, X_2, X_3 の3つである。これらの各閉領域の面積と閉領域内の濃淡画像部分の面積の割合を検証適合度として各閉領域毎に演算する。

$$\text{検証適合度} = (\text{ある閉領域内側における濃淡画像領域の面積}) / (\text{ある閉領域の面積})$$

この検証適合度は、0から1までの値を取り、1に近い程適合度は高い。従って上記演算で得られた適合度が予め定めたとしきい値以上であれば抽出された輪郭が正しい

物体の輪郭であると判断できるので、この部品の位置情報を次の重なり状態判断部 13 に送る。またしきい値未満の場合は、正しい物体の輪郭を抽出していないと判断できるので、物体として採用しない。図 7 の場合、閉領域 X_1 及び X_2 は正しい物体の輪郭を表わし、閉領域 X_3 は物体として採用できない。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように、第 1 の物体の位置認識装置によれば、検出対象物が配置された所定の領域が撮像され、その撮像出力に基づいて生成された画像上 10 方に含まれる検出対象物の輪郭線の情報が抽出される。抽出された輪郭線の情報と、予め記憶してある特定の認識対象物体の輪郭線の情報とが照合されることにより、検出対象物と特定の認識対象物体との同一性が判定され、更に、判定出力に基づいて複数の検出対象物が重なっているか否かが判断される。そして、複数の検出対象物が重なっていると判断された場合には、画像の濃度分布に基づいて、複数の検出対象物の撮像の光軸方向における位置関係が判定される。これにより、複数の検出対象物が重なっている場合であっても、速やかに、且つ、正 20 確に認識対象物体の位置を認識することが可能となる。

【0043】また、第 2 の物体の位置認識装置によれば、検出対象物が配置された所定の領域が撮像され、その撮像出力に基づいて生成された画像情報に含まれる検出対象物の輪郭線の情報が抽出される。抽出した輪郭線の情報と予め記憶してある特定の認識対象物体の輪郭線の情報とが照合されることにより、検出対象物と特定の認識対象物体との同一性が判定され、更に、判定出力に基づいて、複数の検出対象物が重なっているか否かが判 30 断される。一方、所定の領域に対して予め定められた規則に従ってドットパターン光が照射され、所定の領域に検出対象物が配置された状態での輝点の画像と、予め記憶されている所定の領域に検出対象物が配置されていない状態でドットパターン光を照射した場合の各ドットに対応する輝点の画像とに基づいて、各ドットに対応する輝点の 3 次元座標が算出される。そして、複数の検出対象物が重なっていると判断された場合には、輝点の 3 次元座標に基づいて、複数の検出対象物の撮像の光軸方向における位置関係が判定される。これにより、複数の検 40 出対象物が重なっている場合であっても、速やかに、且つ、正確に、認識対象物体の位置を認識することが可能となる。また、認識対象物体の位置を認識するために用いられる輝点の画像は、所定のドットパターン光を照射した状態で撮像されるので、本発明の物体の位置認識装置以外の照明手段や自然光等による照明の変化に影響されることがなく、認識対象物体の位置関係を判定することができる。

【0044】更に、第 3 の物体の位置認識装置によれば、検出対象物が配置された所定の領域が撮像し、その

撮像出力に基づいて生成された画像情報に含まれる検出対象物の輪郭線の情報が抽出される。抽出した輪郭線の情報と予め記憶してある特定の認識対象物体の輪郭線の情報とが照合されることにより、検出対象物と特定の認識対象物体との同一性が判定され、更に、判定出力に基づいて、複数の検出対象物が重なっているか否かが判断される。一方、所定の領域に対して予め定められた規則に従ったドットパターン光が照射され、所定の領域に検出対象物が配置された状態での輝点の画像と、予め記憶してある所定の領域に検出対象物が配置されていない状態 10 でドットパターン光を照射した場合の各度に対応する輝点の画像とに基づいて、各ドットに対応する輝点の 3 次元座標が算出される。そして、複数の検出対象物が重なっていると判断された場合には、画像の濃度分布と、輝点の 3 次元座標とに基づいて複数の検出対象物の撮像の光軸方向における位置関係が判定される。これにより、複数の検出対象物が重なっている場合であっても、速やかに、且つ、正確に認識対象物体の位置を認識することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施形態に係る物体の位置認識装置の構成を示すブロック図。

【図 2】 本発明の第 1 実施形態に係る物体の位置認識装置の画像処理の内容を示す模式図。

【図 3】 本発明の第 1 実施形態に係る物体の位置認識装置の画像処理の内容を示す模式図。

【図 4】 エッジ検出にて用いられる画像処理用フィルタの内容を示す図であり、(a) は水平方向、(b) は垂直方向のフィルタの説明図。

30 【図 5】 複数の検出部品が重なっている領域でのエッジの検出方法を示す模式図。

【図 6】 本発明の第 2 実施形態に係る物体の位置認識装置の構成を示すブロック図。

【図 7】 ドットパターン光が照射されている状態の画像であり、(a) は撮像領域内に検出部品が配置されていない状態、(b) は撮像領域内に検出部品が配置されている状態を表す模式図。

【図 8】 ドットパターン光の照射により形成される輝点の 3 次元位置の算出方法を示す模式的斜視図。

40 【図 9】 検出部品が重なっている部分での部品表面の高さを平面方程式を用いて求める方法を示す模式図。

【図 10】 本発明の第 3 実施形態に係る物体の位置認識装置の構成を示すブロック図。

【図 11】 従来の物体の位置認識装置の構成を示すブロック図。

【図 12】 従来の物体の位置認識装置により計測される検出部品の明度分布の一例を示す図であり、(a) は計測位置を示す模式的平面図、(b) は明度分布を示す特性図。

50 【図 13】 従来の物体の位置認識装置により計測され

る複数の検出部品が重なっている場合の明度分布の一例を示す図であり、(a)は計測位置を示す模式的平面図、(b)は明度分布を示す特性図。

【図14】 濃淡画像のヒストグラム。

【図15】 ドットパターン画像のヒストグラム。

【図16】 ドットパターン画像Bのヒストグラム。

【図17】 輪郭線情報から得られた閉領域の例をしめす概念図。

【符号の説明】

1, 20, 40…部品検出装置

3…ロボットコントローラ

4…画像入力用カメラ

5, 25…画像取込み部

7…特徴抽出部

9…モデル記憶部

11…モデル照合部

13…重なり状態判断部

15, 27, 41…上下判定部

17…撮像領域

21…レーザ投光器

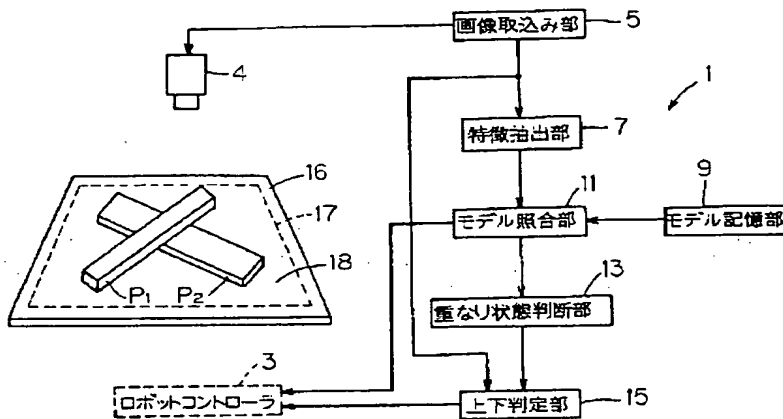
23…レーザフィルタ

10 29…ドットパターン光基準位置記憶部

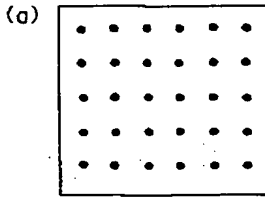
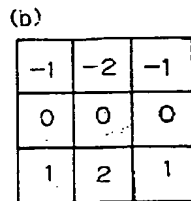
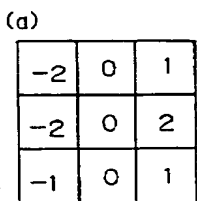
31…ドットパターン光3次元位置算出部

P₁, P₂…検出部品

【図1】

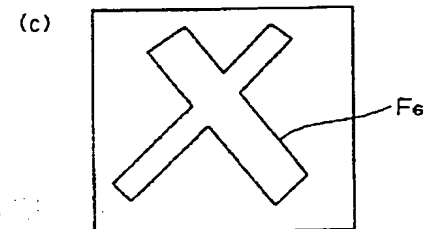
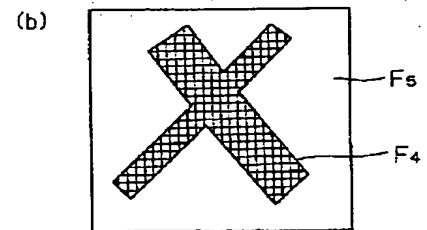
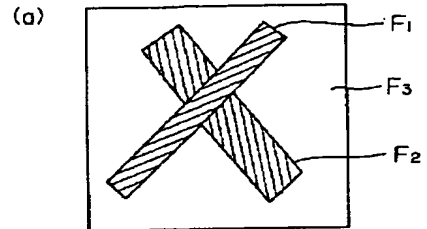


【図4】

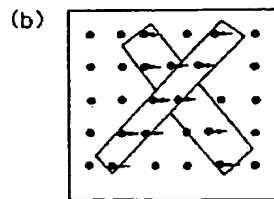
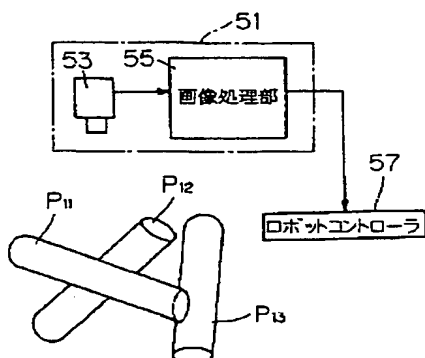


【図7】

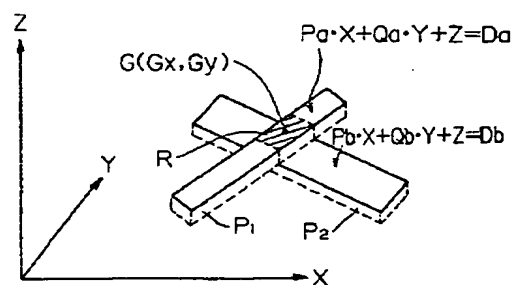
【図2】



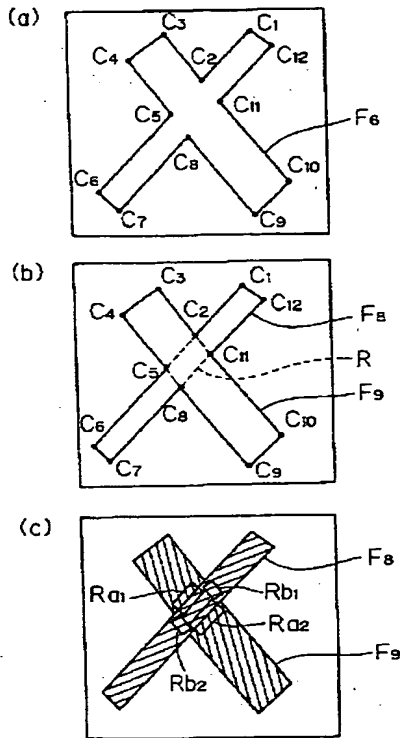
【図11】



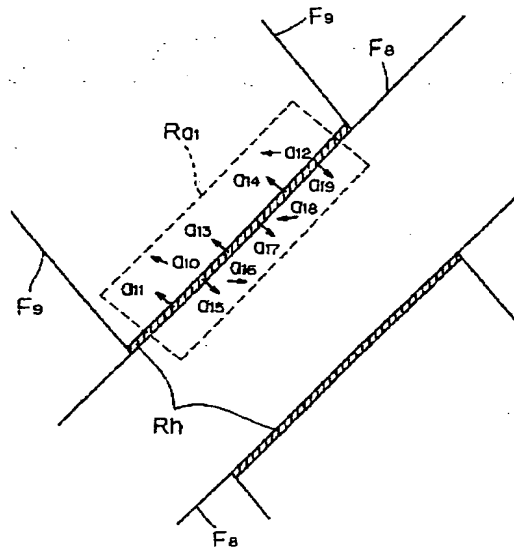
【図9】



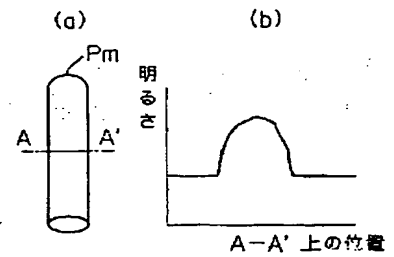
【図3】



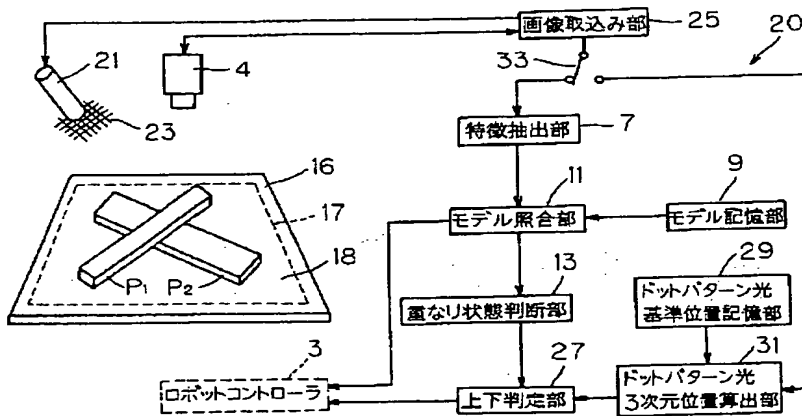
【図5】



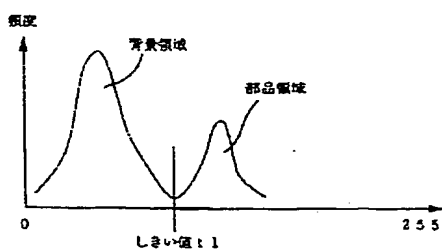
【図12】



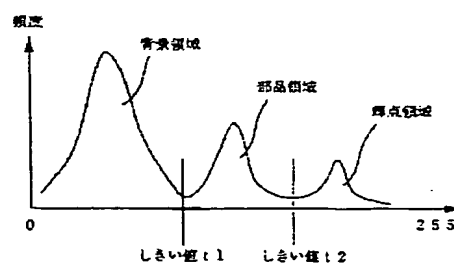
【図6】



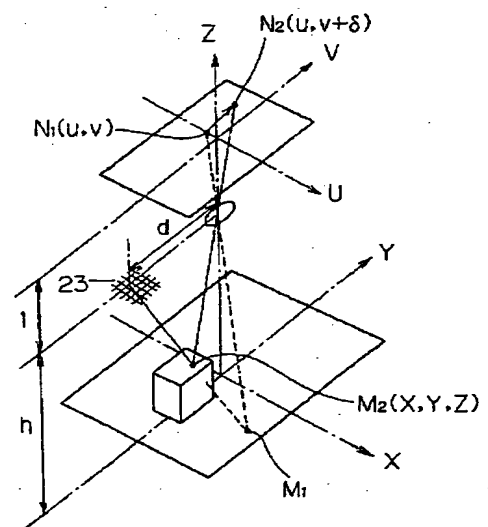
【図14】



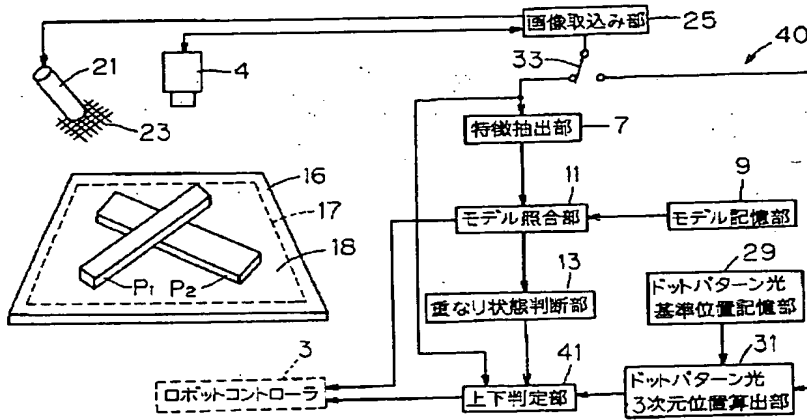
【図15】



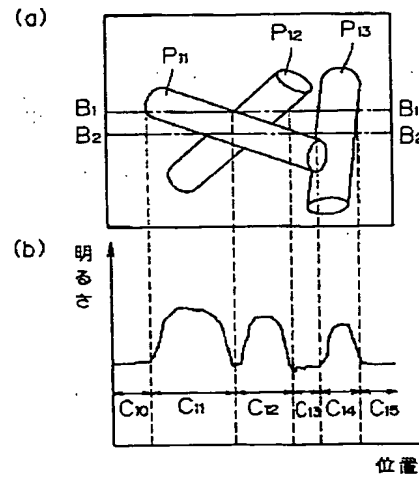
【図8】



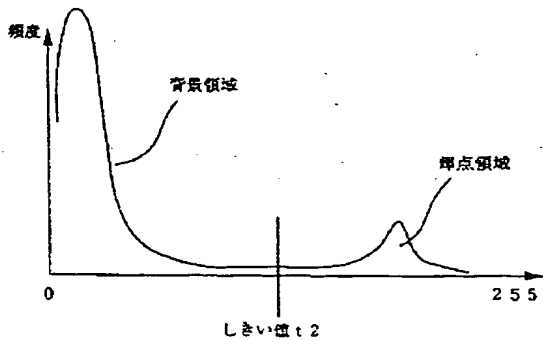
【図10】



【図13】



【図16】



【図17】

